

SDH전송망의 기능구조와 망보호 모델

김재근, 이동훈

(한국전자통신 연구소, 전송방식 연구실)

<p>I. 서언</p> <p>III. 턴덤연결로감시</p> <p>V. 결론</p>	<p>II. SDH전송망의 기능구조</p> <p>IV. 보호절체망의 기능구조</p>
---	--

I. 서 언

통신트래픽의 증가와 새로운 서비스의 도입으로 정보통신망의 규모는 급속히 대규모화되고 있으며 정보통신망의 기반구조를 형성하는 전달망 또한 기존의 획일적인 단순 전송교환에서 벗어나 망기능의 다양화와 품질의 고압화, 운용관리의 지능화가 급진전되고 있는 상태이다.

통신망의 하부구조를 형성하는 전송망은 1960년대에 PCM 전송이 처음으로 통신망에 도입된 이래 수백 Mb/s 급 광전송의 범용화라는 획기적인 발전이 있어 왔다. 그러나 이러한 대용량 반송시대의 개화는 양적인 측면의 만족은 가져왔으나 통신망 제공자에게 가장 중요한 품질 좋고 융통성 있는 경제적인 망의 구축과 구축된 망을 보다 효율적으로 운용관리하는 측면에서는 한계가 있었다. 이에 따라 1980년대 말에 도입된 새로운 전송개념이 바로 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)이다.

SDH 전송의 기본은 저속 디지털 신호의 직접적인 액세스와 초고속으로의 1단계 다중을 통해 여러 디지털 전송 단위신호들을 융통성있게 네트워킹시키고, 동시에 통신망의 대규모화에 따른 복잡한 망운용관리를 보다 자동화, 지능화시키는데 바탕을 두고 있다. 이를 위해서 SDH 기본 전달망은 다양한 망기능과 체계적인 운용관리를 실현하기 위한 전송망 모델을 설정, 적용하고 있다. 전송망 모델은 전송망의 기능을 포괄적으로 설명할 수

수 있는 구조적 요소들로 표현하고 있으며, 망기능 관점의 계층적 망구조, 망운용자 관점의 운용관리영역, 그리고 전송신호의 손실 장애시 생존성 확보측면등을 바탕으로 하여 계층적 레이어망 개념을 도입하고 있다. 여기서 특히 전송망 모델은 개방형 데이터통신을 기본으로 하는 통신관리망(TMN)의 통합 운용관리에 대한 기본을 제공해주고, 나아가 고급통신품질을 요구하는 다양한 서비스 가입자들을 위해서 망의 장애(또는 성능저하)시에 망보호/복구에 대한 체계적인 적용개념을 제공해준다.

따라서 본고에서는 현재 세계적으로 연구되고 있는, ITU-T에서 권고하는 SDH 전송망 모델 개념을 도입하여 SDH 전송망 구조를 설명한다. 그리고 이 모델을 이용하여 앞으로 복잡하게 전개될 각종 전송 레이어망의 운용 유지보수를 위한 성능/장애감시 방법과 체계적인 망보호/복구모델에 대해 기술한다.

II. 전송망의 기능구조

1. 전송망 모델

전송망은 두지점간에 사용자 정보를 전달할 뿐만 아니라 연결 호(signaling), 운용(operations), 유지보수(maintenance)정보등과 같은 여러 망제어 정보들을 전달하

는 기능을 갖는다. 이러한 전송망의 구조는 계층화(layering) 개념과 각 계층을 여러 포괄적 기능을 갖는 구조적 요소들로 표현한, 그러나 실제 구현과는 무관한 전송망 모델을 도입하여 설명할 수 있다.

망모델에 적용되는 논리적 요소로는 레이어망(Layer Network), 서브레이어망(Sub-Layer Network), 그리고 링크(Link)가 있다. 레이어망은 다시 서브망(Sub-Network)과 링크로 이루어지고, 서브 레이어망은 보다 작은 서브망과 링크로 이루어진다. 여기서 링크는 인접 서브망간의 연결을 말한다.

망모델의 기준점으로는 레이어망내에 존재하는 논리적 요소간의 연결상태를 나타내면서 특정 정보가 통과하는 연결점(CP : Connection Point)과 각 레이어망으로 신호들을 접속하는 액세스점(AP : Access Point)이 있다. AP는 레이어망의 경계선상에 존재하여 레이어망내의 정보전달 특성을 정의하며, 동일 레이어망내에 존재하는 AP간의 연결관계는 레이어관리에 의해 서브망 연결을 제어하므로써 변경할 수 있다. 또한 서브망내의 정보전달은 서브망의 경계선상에 존재하는 CP들에 의해 정의되며, CP간의 관계 또한 레이어관리에 의해 변경할 수 있다. 한편 레이어망내에 존재하는 CP들 가운데서 트레일 종단기능을 통해 AP와 접속되는 최종 위치의 CP를 종단연결점(TCP : Termination Connection Point)이라 하며, 이는 CP와 함께 레이어망내의 연결관계를 정의하는 기준점이 된다.

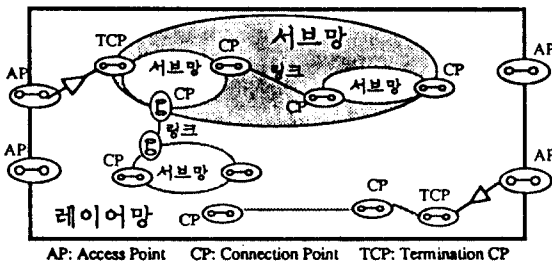


그림 1. 전송망내의 논리적 요소의 관계

레이어망내의 기준점간에는 정보전달의 투명성이 보장되며, 여기서 CP(TCP)와 CP(TCP)간을 연결로(Connection)라 하고, AP와 AP간을 트레일(trail)이라 한다.

연결로는 망연결로(NC : Network Connection), 서브망 연결로(SNC : Sub-Network Connection), 링크연결로(LC : Link Connection)등으로 구분된다. NC는 동일 레이어망내의 종단연결점(TCP)간의 연결로를 말하며, 레이어망 양단에 정보전달의 투명성을 보장한다. 여기에는

단방향 NC, 양방향 NC, 그리고 1 : n PTMP(Point To Multi-Point)NC등을 지원할 수 있다. SNC는 서브망 양단에 정보전달의 투명성을 보장하며, 동일 서브망내의 경계선에 있는 CP간에 형성된다. 이는 보다 낮은 레벨의 SNC와 LC로 반복적으로 분리될 수 있으며, 이의 가장 낮은 레벨은 서브망 양단의 SNC가 스위치, DXC(Digital Cross-Connect)등의 단일 망노드와 동등한 레벨일 때로서 이를 매트릭스 연결로(MC : Matrix Connection)라 한다. LC는 두 서브망 사이의 링크양단에 정보전달의 투명성을 가지며, 구조상 인접 서브망과의 관계를 나타낸다. 여기서 SNC는 전송망의 운용에 따라 융통성있는 연결형태를 지원할 수 있으나 LC는 고정된 연결형태만을 지원한다. 또한 SNC들의 직렬연결군들중에서 망운용 관리를 위해서 특별히 설정한 연결로를 탠덤연결로(TC : Tandem Connection)라 하며, 이는 1개 이상의 서브망과 리오로 구성된다.

트레일은 AP간에 형성되어 이들간에 유효한 정보를 전달한다. 이는 AP와 TCP사이에서 트레일 종단(TT : Trail Termination) 기능을 돕으로서 NC와 접속된다.

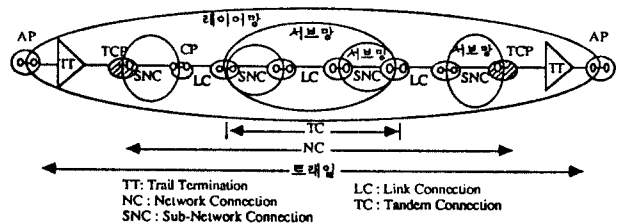


그림 2. 전송망 연결형태

이상과 같이 연결로는 망의 전송능력과 전달정보의 품질수준을 제공해주고, 트레일은 NC 양단간에 전달정보의 유효성, 완전성을 감시하는 능력을 제공해준다. 이들은 망관리, 망의 보호/복구, 그리고 TC감시등과 같은 망모델화에도 유익하게 적용할 수 있다.

한 레이어망내의 LC는 다른 레이어망의 트레일을 제공한다. 이때 트레일이 존재하는 레이어를 서버(Server) 레이어라 하고, LC가 존재하는 레이어를 클라이언트(Client) 레이어라 하며, 이를 흔히 서버-클라이언트 관계라 한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 클라이언트 망내의 CP(TCP)와 서버망의 AP와는 적응기능을 통해 연결되며, 이러한 적응기능은 클라이언트 레이어상의 정보가 서버레이어를 통해 적절히 전송될 수 있도록 처리한다. 즉 적응과정은 보통 각 레이어상의 정보특성에 의존하지

만 전형적으로 속도변환, 신호다중화, 신호정력, 오버헤드 처리, 부호화 기능을 갖는다.

또한 TCP와 AP사이의 트래일종단기능은 해당 트래일상에 전달되는 정보의 유효성과 완전성 관련 정보를 제공하며, 이는 트래일 생성기능에서 삽입되고 트래일종단기능에서 감시된다.

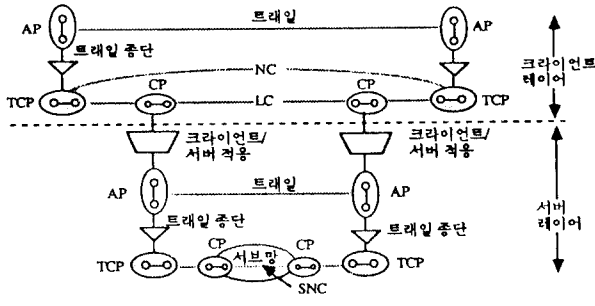


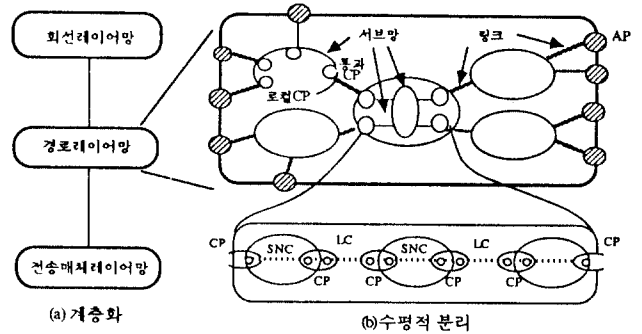
그림 3. 구조적 요소들로 표현된 기능모델

2. SDH망의 분리와 계층화

전송망은 인접 레이어간의 서버 클라이언트 관계를 갖는 여러 독립된 레이어로 나눌 수 있다. 이러한 분리는 전송망 층의 망구조, 한 레이어내에서 단대단(end to end) 경로 제공시 행정적 관점의 망운용자간 경계영역, 망구성요소들에 대한 성능 목표 관점의 망운용자간 경계영역, 그리고 경로 운용관리를 위한 독립적인 유휴 경계영역등에 기본을 두고 이루어진다. 이진(1) 전체 전송망을 하나의 개체로 설계하여 운용하는 것 보다는 각 레이어로 분리해서 설계하고 운용하는 것이 보다 단순하다는 점, 2) TMN의 MO(managed objects)를 정의 하는데 유용한 계층화된 망모델을 제공한다라는 점, 3) 각 레이어망이 다른 망에 주는 영향을 최소화하면서 망상태로부터 보호절체 또는 자동복구와 같은 통신망 위기관리 능력을 가질 수 있고, 보다 체계화된 유지보수능력을 실현할 수 있다는 점 등에서 유용한 개념이다. 이러한 분리방법으로는 수평적 분리와 수직적 분리가 있다.

수평적 분리 방법으로는 서브망 분리와 망연결로(NC) 분리가 있다. 서브망 분리는 링크로 상호연결된 서브망을 보다 작은 여러 서브망으로 분리하고, 이를 원하는 레벨까지 반복적으로 분리하는 것이다. 이때 가장 작은 여러 서브망으로 분리하고, 이를 원하는 레벨까지 반복적으로 분리하는 것이다. 이때 가장 낮은 레벨에는 레이어망의 융통성 있는 연결능력을 제공하는 기본적인 연결 매트릭스가 존재한다. 또한 NC 분리는 SNC와 LC의 식별적인 조합으로 분리할 수 있고, 각 SNC는 다시 또다

른 SNC와 LC로 분리할 수 있다.



(a) 계층화 (b) 수평적 분리

그림 4. 레이어망의 분리

한편 수직적 분류는 서버 레이어상의 트래일이 클라이언트 레이어상의 링크 연결로를 이루는 서버 클라이언트 관계의 계층화 개념으로 만들어진다. 전송망계층은 각 레이어망이 자체적인 OAM 능력을 갖는 경우로 한정해서 그림 5와 같이 회선 레이어망, 경로 레이어망, 전송매체 레이어망으로 나뉜다.

회선 레이어망은 사용자에게 회선/패킷 교환 서비스와 전용선 서비스등과 같은 통신 서비스를 제공해주며, 회선 레이어 트래일은 회선 교환기에 의해 연결제어되고 사용자 매내장치에 의해 종단된다. 경로 레이어망은 회선 레이어 또는 다른 경로 레이어에 전송 서비스를 제공하며, 회선레이어망의 서로 다른 회선 형태를 지원한다. 경로 레이어망에는 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy) 경로레이어망, SDH(Synchronous Digital hierarchy) 저위경로(Lower-order path) 레이어망과 SDH 상위경로(Higher order path) 레이어망이 있다. 전송매체 레이어망은 경로 레이어망상의 두 노드간에 정보를 전달하는 구간 레이어망과 유무선등과 같이 물리적 인터페이스 특성을 결정하는 물리적 매체 레이어망으로 나뉜다. 전자는 다시 경로를 설정하고 종단하는 위치 사이에 단대단 정보전달과 관련된 다중구간 레이어와 중계기간 또는 다중기와 중계기간 정보전달과 관련된 재생구간 레이어망으로 구분된다. 후자는 전송매체의 특성에 따라, 그리고 기술발전예 따라 보다 세분화될 수 있을

것이다.

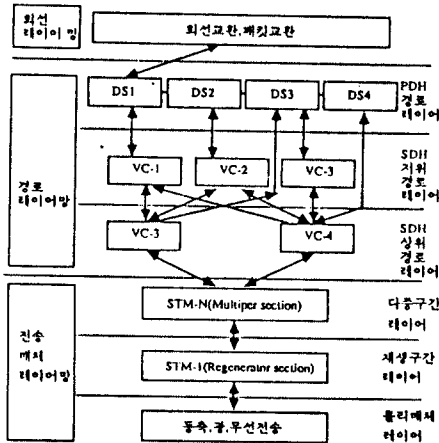


그림 5. SDH 기본 전달망의 레이어 모델

그림 6은 SDH 장치와 레이어망 관계를 나타낸 것이다. 전송매체 레이어망은 동기식 전송신호인 STM-N(Synchronous Transport Module level-N) 트래일을 형성하며, 상위경로 레이어망과는 AU 신호 적용과 이들의 다중화/역다중화 단계를 통해 상위 VC(HVC : Higher order Virtual Container) 트래일을 형성한다. 또한 HVC는 TU 신호적용과 이들의 다중화/역다중화를 통해 저위 vc(LVC : Lower order VC) 트래일을 형성하며, 이들은 다시 DS_n 신호적용단계를 통해 PDH 트래일을 형성한다. 여기서 각 레이어망에는 CP, TCP, 트래일 중단기능들이 있으며, 각레이어망과 관련된 전형적인 SDH 장치로는 전송매체 레이어망에는 STM-N 다중기와 중계기, 상위경로 레이어망에는 VC3/VC4급 신호에 대한 교차연결(DXC:Digital Cross-connect) 또는 분기삽입(ADM : add-drop Multiplexer) 기능을 갖는 광대역 회선분배기, 저위경로 레이어망에는 VC1/VC2급 신호에 대한 DXC와 ADM(Add-Drio Multiplexer) 기능을 갖는 중대역 회선분배기, PDH 경로 레이어망에는 DS_n 신호 분배기 그리고 회선레이어망에는 64Kb/s급 회선 교환기 등이 있다. 그리고 각 레이어망간의 적용기능으로는 주로 신호다중화기가 그 역할을 담당한다. 물리적 실체인 SDH 장치의 기능과 논리적 레이어망간의 관계를 보면, 상위 레이어 망관련 기능을 갖는 SDH 장치는 대개 하위 레이어망을 중단하는 기능을 포함한다.

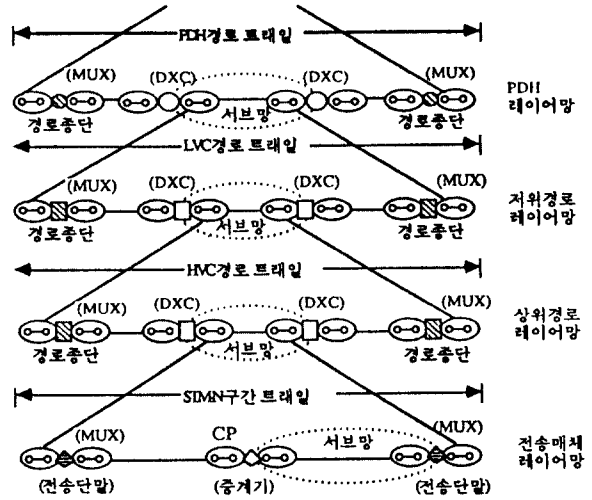
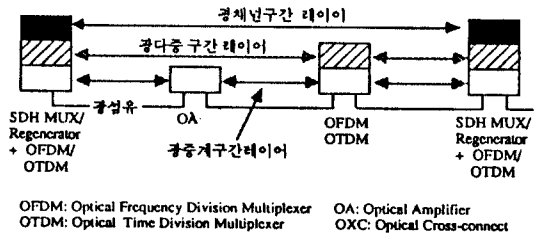


그림 6. SDH 장치와 전달망의 레이어 관계

관련 전송매체중 향후 지배적으로 적용될 광섬유 전송의 경우에 재생구간 레이어는 광/전 변환을 통해서 SDH 중계전송 구간이 중단되는 단일 레이어 또는 그림 7과 같은 여러 레이어들로 구성할 수 있다. 즉 재생구간 레이어 하부를 다시 광채널구간 레이어, 광다중구간 레이어, 그리고 광중계구간 레이어로 나눌 수 있다. 광채널 구간은 전/광변환을 통해 개별 광채널이 생성되어 중단되는 구간이고, 광다중구간은 각 광채널들이 파장다중 또는 시간다중을 통해서 다중신호가 생성되어 중단되는 구간이다. 광중계구간은 광다중 신호가 광/전변환 없이 광증폭 기능을 통해 중계전송되는 구간이다. 따라서 이들 서브레이어들은 광/전변환 없이 순수 광신호 단위의 중계전송과 광다중, 광스위칭을 통해서 광신호단위의 네트워크와 중계전송이 이루어지는 전광전송망(all-optical transmission network)을 형성하는 경우에 적용된다.



OFDM: Optical Frequency Division Multiplexer
 OTDM: Optical Time Division Multiplexer
 OA: Optical Amplifier
 OXC: Optical Cross-connect

그림 7. 전광전송망의 레이어 구성

그림 8은 전광전송장치와 레이어망간의 관계를 나타낸 것이다.

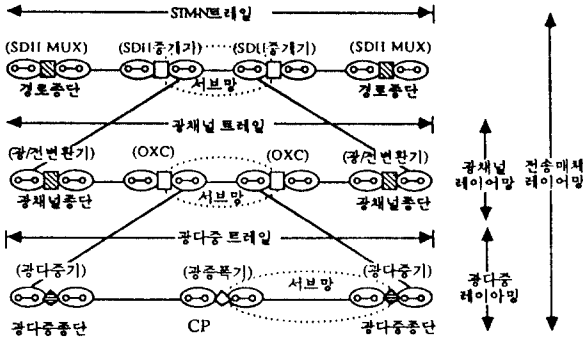


그림 8. 전광전송장치와 레이어망의 관계

여기서 광채널 종단장치로는 STM-N 신호를 광섬유 매체에 접속시키는 매체적용기능, 즉 광/전 변환기능을 통해서 광채널을 형성하는 SDH중계기 또는 SDH다중기 (SDH MUX)가 있으며, 광다중구간 종단장치로는 광채널을 광 FDM(OFDM : Optical Frequency Division Multiplexer) 또는 광TDM(OTDM : Optical Time Division Multiplexer) 방식으로 다중화하는 장치가 있다. 그리고 광중계 전송구간 종단장치로는 주로 광중폭기 (OA : Optical Amplifier)가 있으며, 광채널트레일상에서 개별 광채널이 연결을 변경 제어하는 장치로는 광채널분배기(OXC : Optical Cross-connect)가 있다. 여기서 STM-N트레일을 구성하는 재생구간 연결점인 CP(SDH Physical Interface)등의 기본 기능에, 필요해 형성이 필요치 않을 때는 광채널구간 레이어상의 광채널종단 기능을 전/광변환기 대신에 SDH MUX로 대체할 수 있으며, 동시에 STM-N 트레일과 광채널 트레일은 동등한 트레일이 된다.

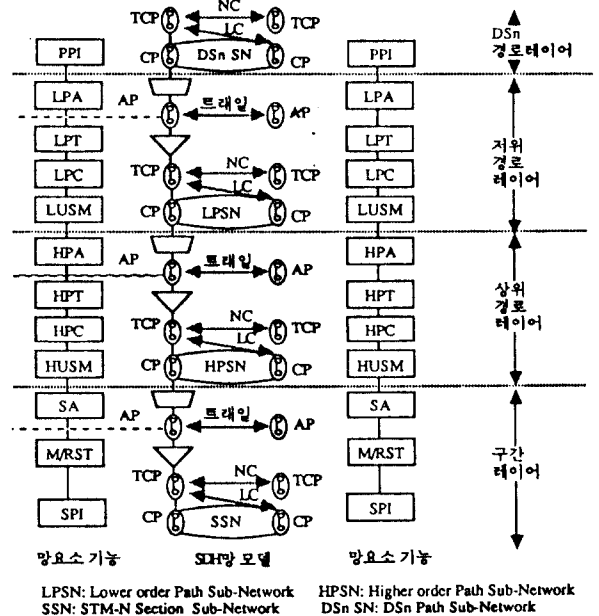
3. SDH망 요소와 레이어 모델

기존 PDH 신호를 수용하는 SDH 망요소의 일반적인 기능 블록도는 그림 9와 같다.

즉 기존 DS_n 신호 인터페이스(PPI : PDH Physical Interface), DS_n과 해당 컨테이너(Cn)간의 맵핑(LPA : Lower order Path Adaptation), LVC 종단(LPT : Lower order Path Termination), LVC와 HVC간 TV 포인터 처리 및 HVC 프레임상의 정렬(HPA : Higher order Path Adaptation), HVC종단(HPT : Higher order Path

Termination), AU 포인터처리 및 HVC의 STM-N 프레임상으로서의 정렬(SA : Section Adaptation), STM-N 다중구간 종단(MST : Multiplex Section Termination), STM-N 중계 전송구간 종단(RST : Regenerator Section Termination), 전송매체를 통한 전송(SPI : SDH Physical Interface)등의 기본 기능에, 필요에 따라 LVC 간 스위칭(LPC : Lower order Path Connection), HVC 간 스위칭(HPC : Higher order Path Connection), HVC/LVC 신호 이상차 감시(HUSM/LSUM : Higher/ Lower order Signal Unequipped Monitor), 탄원연결로 제공시 HVC/LVC 신호상태의 비절단 감시(HPOM/ LPOM : Higher/Lower order Path Overhead Monitor) 등으로 구성된다.

그림 9에서 나타낸 SDH 망요소와 망모델에서 먼저 기능요소간 관계를 살펴본다. SDH 망요소와 기능블럭중에서 단계적 다중요소 신호인 DS_n, LVC, HVC, STM-N을 종단하는 각 기능블럭들은 망모델의 트레일 종단기능이 되고, 다중요소 신호간 다중/맵핑 기능을 갖는 LPA, HPA, SA등은 각레이어간 적용기능이 된다. 다음으로 망모델의 논리적 요소와의 관계를 보면, LVC/HVC의 연결로 변경기능을 수행하는 LPC/HPC는



LPSN: Lower order Path Sub-Network HPSN: Higher order Path Sub-Network
SSN: STM-N Section Sub-Network DS_n SN: DS_n Path Sub-Network

그림 9 SDH 망요소와 망모델 관계도

CP(TCP)간에 연결기능을 제공하여 저위경로 서브망(LPSN)과 상위경로 서브망(HPSN)을 형성하고 여러 연결로(SNC, LC, NC)를 제공(제어)한다. 또한 다중요소 신호의 종단기능과 상위 신호로의 적응기능 사이에 있는 AP간의 연결을 통해 트래일을 형성한다.

SDH 망요소는 그림9에 표시된 여러 기능블럭들의 조합을 통해서 다양한 망기능들을 제공할 수 있다. 일 예로서 SPI로부터 HPC까지의 기능을 갖는 VC3급 분기/분배장치는 VC3급 신호를 종단하지 않고, VC3 단위의 연결로를 변경제어하는 기능을 갖췄고, HPC.LPC 기능이 빠진 SPI-PPI 기능을 갖는 장치는 SDH 단국장치로서 모든 SDH 다중요소의 종단기능을 제공하는, 즉 모든 NC의 생성, 종단은 물론 트래일을 생성, 종단한다.

여기서 SDH 망요소가 크라이언트 레이어상의 트래일 종단없이 HPC.LPC 연결로만을 제공할 경우에 HUSM/LUSM와 HPOM/LPOM 기능은 탄뎀 VCn신호들에 대한 투명성을 보장하면서 성능감시와 경보감시 기능을 수행하기 위한 부가 기능이다.

III. 탄뎀 연결로(Tandem Connection) 감시

탄뎀연결로(TC)는 특정 관리영역내에 존재하는 트래일의 일부이며, 망의 효율적인 운용을 위해서 기본적으로 TC의 유효성(Validity), 완전성(Integrity) 또는 연결품질(Signal Label) 또는 채널인식자(Identifier)와 TC를 빠져나가는 그것을 감시하므로써 TC 종단점간에 연결성을 확인하는 것이다. 트래일의 완전성 감시는 신호손실, 트래일손실, 원격단장애(PDI : Remote Defect Indication), 장애표시신호(AIS : Alarm Indication Signal)등을 이용하여 TC상의 서비스 가용성을 확인하는 것이며, 특

정 TC상의 완전성 감시는 신호장애시에 보호절체 또는 장애복구에 이용할 수 있다. 연결품질 감시는 TC상의 성능이 어느 레벨이하로 저하되는가를 확인하여 보호절체 또는 복구를 시도하는데 이용할 수 있다. 각 트래일 종단기능에서는 이러한 감시기능이 기본적으로 제공되며, TC종단점에서는 특별히 관심있는 임의시간에 다음과 같은 기능들이 지원될 수 있으며, 본 항에서는 이를 위한 감시방법들에 대해 살펴본다.

- 탄뎀연결 시작과 끝에서 해당 연결로에 애러성능, 경보상태 감시
- 탄뎀연결로 들어오는 입력단에서의 장애감시
- 탄뎀연결 양끝간 연결유효성(Validity) 확인(채널 인식자 이용)
- 탄뎀휴지(idle) 신호 감시

1. 고유감시(Inherent Monitoring)

TC감시는 서버 레이어망으로부터의 가용 데이터와 크라이언트 레이어망의 가용데이터로부터 근사계산을 통해서 간접적인 방법으로 수행된다. 즉 크라이언트 레이어 TC상의 완전성과 연결성능은 해당 TC상에서 모든 통과 크라이언트 레이어 서브망과 모든 서버 레이어 트래일상에서 감시된 결과를 결합하므로써 유추할 수 있다. TU/AU포인터 처리를 이용한 신호의 가용성 여부감시는 서버레이어상에서의 완전성 감시의 한 예이다. 또한 TC유효성은 노드간에 각 서버 레이어로부터 간접적으로 확인될 수 있다. 데이터 채널을 이용한 확인은 개방형 통신관리망(TMN : Telecommunication Management Network)을 이용하여 다른 노드로 메시지를 전달하므로써 제공될 수 있으나 이는 분산처리를 요하며 표준화가 어려운 단점이 있다. 여기서 TU/AU 포인터에

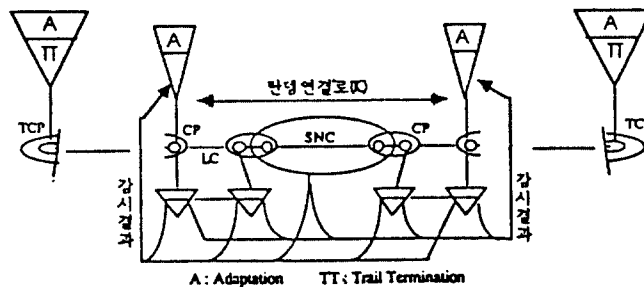


그림 10. 고유감시(Inherent Monitoring)

의한 SNC의 완전성 감시는 상향 SNC 장애와 TC내 장애를 서로 구별할 수 있기 때문에 전용 경로 보호체제를 수행하는데 적당하다.

2. 비절단 감시(Non-intrusive monitoring)

TC상에 서비스 제공이 지속되고 있는 상태에서 트래일상의 정보전달 투명성은 어떤 영향도 주지 않도록 TC양단의 CP에서 브릿지 형태로 감시대상 신호를 복사하여 감시하는 방법이다. 즉 원트래일과는 별도로 감시용 트래일 중단기능을 갖도록 구성하여 전송신호의 상태와 오버헤드를 감시한다. 여기서 성능감시는 TC양단에서 직접 계산하거나 양단의 감시결과를 바탕으로 그 차이를 근사계산한다. 이는 TC 감시를 위한 시험액세스 방식에 사용될 수 있으며, 이의 경제적인 구현을 위해서는 한노드에서 중단되는 TC중 일부 단위로 요구에 따라 통계적으로 감시할 수 있도록 감시용 트래일 중단기능을 공유하는 것이다. 이 방식에 의해서 TC의 한 끝에서 감시된 에러성능치는 고유감시방법에 의해 서버레이어로부터 외삽법으로 계산된 TC의 성능치보다는 더 정확하다. 그러나 TU/AU포인트 감시방법에 의해 제공된 완전성 감시결과에는 차이가 없다. 한편 연결유효성 확인은 원래의 신호가 넓은 영역에 대해 특별한 추적인식자가 제공될 경우에 가능하며, 이의 데이터 예블레이션에 의한 방법은 고유감시 방법과 같다.

이 방식은 단일 SNC에 전용되거나 감시가 필요한 여러 SNC간에 공유될 수 있다.

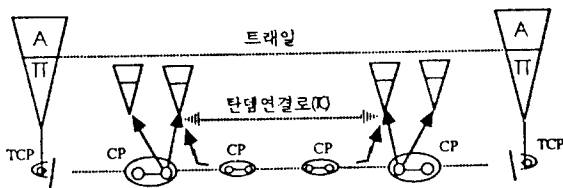


그림 11. 비절단감시(Non-Intrusive Monitoring)

3. 절단감시(Intrusive Monitoring)

TC상의 서비스가 중단상태에 있을 때, TC의 시험을 위해서 원래의 트래일을 절단하고, 여기에 새로운 시험트래일을 형성하여 직접 감시하는 방법이다. 이는 절단감시와 같이 TC 감시를 위한 시험액세스 방식에 주로 사용되며, 이를 위해서 원 트래일의 절단설비, 시험신호, 생성기, 시험트래일 중단기능등이 시험요구에 따라 공유되도록 제공된다. 이 방법으로 모든 감시 파라미터를 직

접 감시할 수 있으며, 주로 원격지에서의 장애진단과 사용자 트래일의 초기 설정시에 이용한다.

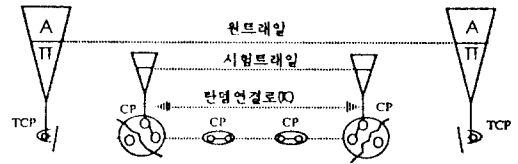


그림 12. 절단감시(Intrusive Monitoring)

트래일상의 임의 CP간에 TC감시를 위한 서브레이어를 선정하고, 원래 트래일상에 확보된 오버헤드중 미사용 바이트를 새로운 서브레이어 트래일용 오버헤드로 할당하여 TC상태를 직접 감시한다. 이와 같은 오버헤드의 추가로 TC의 중단점에서 원 패리티계산값을 정정해야 하나 TC의 상향 흐름상에 축적된 패리티에러는 원래 오버헤드의 부호값수에 유지되도록 하고 있다. 여기서 수신기측에서는 TC감시를 위해 추가된 오버헤드는 무시되도록 구성된다. 여기서 수신기측에서는 TC감시를 위해 추가된 오버헤드는 무시되도록 구성된다. 이러한 TC는 감시대상 서브레이어의 NC가 된다. 여기서 원래 트래일상의 오버헤드를 사용하지 않을 경우는 절단감시방법과 유사한 감시효과를 얻는다. 또한 충분한 대역의 오버헤드를 이용할 수 있다면 모든 감시 파라미터를 직접 시험할수도 있다.

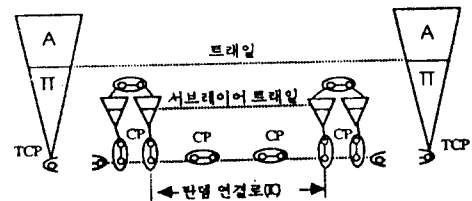


그림 13. 서브레이어 감시

V. 보호체제의 구조

본 항에서는 SDH망에서 장애(SF : Signal Fail) 또는 성능저하(SD : Signal Degrade)된 전송망 요소들을 대체함으로써 망의 가용성을 증가시키는 서비스 보호/복구모듈에 대해서 기술한다.

1. 보호절체 일반

1.1 보호(Protection)와 복구(Restoration)

보호(Protection)란 전송망 노드간간에 미리 할당된 보호전용 용량을 이용하여 서비스의 생존성을 확보하는 방법이고, 복구(Protection)란 전송망 용량의 일부를 우회회선 구성용 트래픽으로 예약하여 노드간에 이러한 여유(spare) 채널을 이용하여 서비스의 가용성을 증대시키는 방법이다. 따라서 보호는 신속, 단순한 반면에 복구는 제어가 복잡하고 복구속도도 늦다.

여기서 보호/복구를 위한 기본적인 운용방식으로는 2가지가 있다. 첫째는 보호동작을 일으키는 장애검출이 보호절체 기능을 수행하는 스위치내에 위치하는 경우로서 이는 장애상태가 서버레이어에서 검출되어 크라이언트 레이어에 위치한 스위치를 이용하여 미리 할당된 보호(예비) 루트로 절체하는 방식이다. 다음으로 장애검출이 스위치밖에서 이루어지는, 즉 장애검출이 스위칭이 일어나는 레이어와 동일한 경우로서 장애복구를 위한 보호장비가 동일 레이어망내의 여유 용량으로 부터 찾아지는 방식이다.

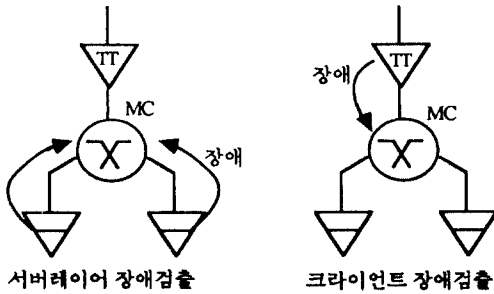


그림 14. 보호/복구방식의 분류

1.2 스패절체와 링절체

스패절체란 두 인접노드간의 다중구간 송·수신 세트로서 운용채널과 보호채널을 각각 서로 분리된 광섬유를 통해 구성하여 운용채널의 장애발생시에 운용채널을 보호채널로 스위칭하는 방식이다. SDH 전송망의 전형적인 응용예로는 그림 16과 같은 물리적인 PTP 망에서의

MS(Multiplex Section) 보호를 위한 1+1 또는 1:1n 선형 APS(Automatic Protection Switching) 방식이다. 링절체는 각 노드들이 두 인접노드로 연결되어 폐루프를 형성한 경우의 구성으로서 2 fiber와 4 fiber로 구성된 링에 적용하는 보호 매카니즘이다. 이는 링장에서 손실 스펙상의 트래픽이 장애 경로상의 보호채널로 전송된다. SDH망에서 링절체의 가장 전형적인 경우는 MS 보호링이며, 이는 STM-N 페이로드를 점유하는 AUG 신호들은 다중구간 보호매트릭스(MS MCp)에 의한 절체를 통해 보호된다.

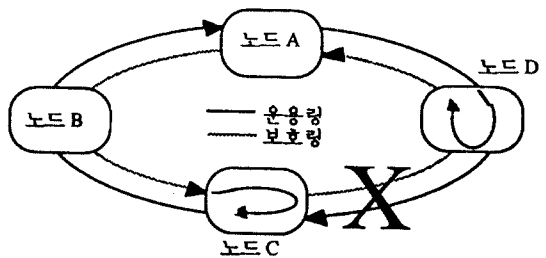


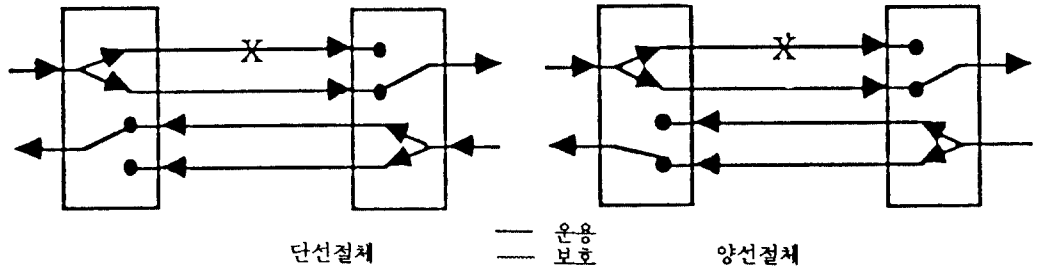
그림 15. 링절체(예)

1.3 단선절체와 양선절체

단선절체(single-ended switching)은 운용과 보호스팬(또는 채널)의 보호절체 운용시에 양방향 트래픽에 대해서 장애 트래픽만을 보호절체 하는 것이고, 양선절체(dual-ended switching)는 트래픽 장애시 양방향 트래픽을 동시에 보호절체 하는 방식을 말한다.

단선절체는 보호절체 프로토콜이 불피용하여 구현이 단순하고 절체가 신속하며, 장애 다발시에 양선절체에 비해서 트래픽 복구 확율이 높다. 양선절체의 경우는 장애발생후 양방향 신호가 동일장치(보드)에 존재할 경우에 해당자이(보드)에 서비스중인 트래픽이 존재하지 않기 때문에 해당 장애를 수신하는데 용이하고, 전송 양방향이 동일한 지연을 유지하기 때문에 대륙간 통신등과 같이 트래일의 길이에 뚜렷한 차이가 있는 통신로 구성시에 유리하다. 그림 16은 스패절체와 링절체시에 단선절체와 양선절체를 나타낸 것이다.

(a) PTP망 (1+1 스패 절체)



(b) 링형 망 (양방향 경로설계법)

그림 16. 단선절체와 양선절체 (예)

1.4 단방향성과 양방향성

연결형태 측면에서 보면, 단방향 연결(Unidirectional Connection)과 양방향 연결(Bidirectional Connection) 형태가 있다. 단방향 연결은 정보를 입력으로부터 출력으로 투명하게 전달하는 형태이고, 양방향 연결은 서로 반대방향의 단방향 연결쌍으로 구성해서 각 방향의 정보를 각각 입·출력간에 동시에 투명하게 전달하는 형태이다.

한편 링구성 형태에서의 단방향링과 양방향링 구성을 가질 수 있다. 단방향 링은 정상 운용상태에서 양방향성 트래픽 전달이 동일 방향의 단방향 링을 이용하는 형태로서 링을 통해 제공가능한 양방향 트래픽 용량은 각 스핀 용량으로 제한된다. 또한 양방향 링은 정상운용상태에서 양방향성 트래픽 전달이 링상의 동일노드를 통해 구성되며, 따라서 서로 반대방향을 갖는 2개의 운용링 구성이 필요하다.

1.5 단일라우팅과 분산라우팅

단일 라우팅(Uniform routing)은 운용채널과 보호채널의 전송 루트 설정시 물리적으로 동일한 루트상에 운용채널 또는 보호채널만을 설치하는 경우이고, 분산라우팅(diverse routing)은 운용채널과 보호채널을 지리적으로 서로 적용하는 경우이다. (그림 18)에서 송신채널은 운용/보호경로로 동시에 전송되고, 수신은 정상상태에서는 운용경로로 부터 선택된다. 만약 West 방향의 수신 운용경로 장애발생시에는 East 방향의 입력신호로 선택하여 경로가 보호된다. 이러한 보호개념을 단일/분산라우팅에 모두 적용가능하지만 단일 라우팅은 양방향 트래픽이 동일 장치와 링크를 공유할 수 있는 반면에 분산라우팅은 서로 다른 장치와 링크를 갖게 된다. 이러한 방식은 주로 추후에 설명할 1+1트래일 보호나 1+1 SNC 보호에 적용된다.

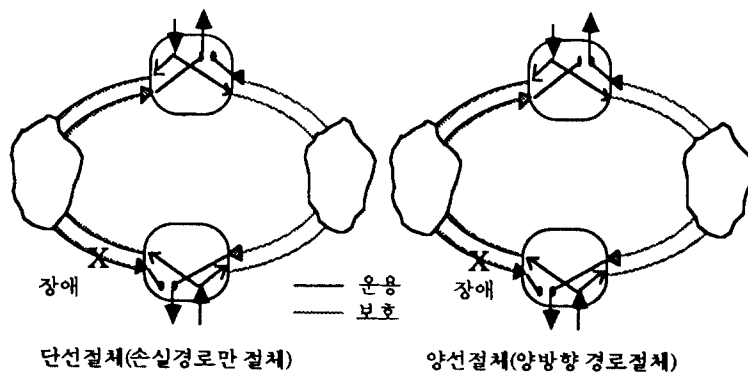


그림 17. 단방향링과 양방향링

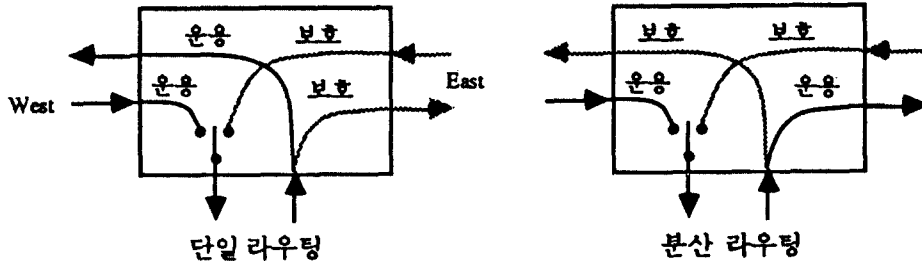


그림 18. 운용채널과 보호채널의 지리적 구성에

1.6 전용보호와 공유보호

전용보호(dedicated protection)는 전체 트래픽 용량을 보호할 수 있는 전용보호용량을 두고서 트래픽을 보호하는 방식이고, 공유보호(shared protection)는 m개의 보호되어야 할 트래픽이 n개의 보호용량을 공유하는 방식이다. 이의 전형적인 응용예로는 선형망의 경우, 전자는 1+1, 후자는 m:n 보호용량비를 가지며, MS 보호 링형망의 경우에 전자는 단방향 선로절체링, 후자는 양방향선로절체링을 들 수 있다. 한편 손실 채널이 정상상태로 복구시에 보호채널로부터 운용채널로 복귀하는 방식(복귀성 절체 : Revertive)과 복귀하지 않는 방식(비복귀성 절체 : Non-revertive)이 있으며, 전용보호의 경우에는 2 가지 방식 모두를 적용할 수 있으나 공유보호에서는 복귀성 절체가 요구된다.

1.7 선로복구와 경로복구

다수 전송루트를 갖는 망노드들의 집합으로 이루어지는 메쉬형 망에서 망노드나 링크의 장애시에 망내에 호가보던 여유 용량을 공유하는 방식이다. 이는 전용보호장비를 두는 경우와 같이 많은 용량의 보호채널을 둘 필요가 없기 때문에 경제적인 구성이 가능하지만 각 전송구간별로 확보된 예비용량을 바탕으로 최적 우회로를 구성해야 하기 때문에 장애 복구 시간이 길다는 단점이 있다.

여기서 선로복구(Line restoration)는 링크 장애로 손실된 신호들의 모든 우회경로 구성을 장애링크를 중심으로 양쪽 노드로 집중화하는 방식이다. 경로복구(Path restoration)는 손실링크와는 무관하게 손실신호(주로 VCn)별로 단대단 접속노드간에 직접 우회루트를 구성하는 방식이다. 이와같은 복구개념은 그림 19와 같다.

메쉬망 복구를 위한 제어방식으로는 집중제어방식과 분산제어방식이 있다. 전자는 모든 망요소들을 총괄 관리하는 운용관리 시스템(OS)이 망요소들을 직접 제어하여 우회루트를 구성, 복구하는 방식이고, 후자는 장애/인접 노드(sender/chooser)를 중심으로 메쉬망 노드들 간에 우회 경로 설정(예비채널 사용)에 대한 상호협상을 통해 제어하는 방식이다.

2. 트래일 보호방식

그림 20과 같이 원래의 레이어에 트래일 보호 서브레이어를 추가하여 보호전용의 적응기능과 트래일 중단기능을 수행한다. 즉 보호적용 기능(AP : Adaptation Protection)은 자동보호절체(APS : Automatic Protection Switching) 채널의 액세스를 제공하고, 보호 트래일 중단기능(TTp : Trail Termination Protection)은 보호 트래일의 상태를 제공하며, 보호용 연결 매트릭스(MCp)는

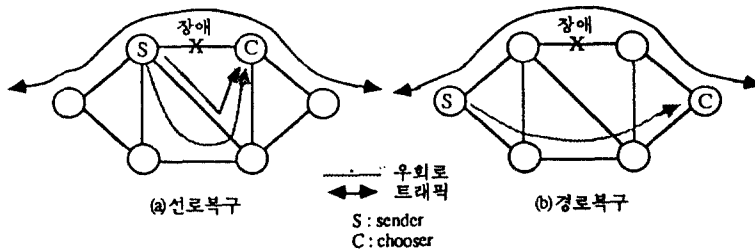


그림 19. 선로복구와 경로복구

보호연결과 운용연결간 절체를 모델화 하도록 사용된다.

트래일 보호방식의 전형적인 적용예로는 SDH MS 트래일 보호로서, 1:1과 1:n의 선형 MS 보호방식이 있다. 이때 AP는 MSPA(MS Protection Adaptation), MCp는 MS 보호스위치, TTp는 MSP(MS Protection)등과 같이 MS 레이어상에 다중구간보호(MSP : MS Protection) 서브레이어망을 형성하여 적용하며, 구간종단(ST)과 MSPA부에서 검출된 장애상태를 이용하여 절체기능을 수행한다.

2.1 선형 MS 보호설계

STM N 다중구간의 트래일에 운용 트래일과 보호 트래일을 두고, 운용 트래일의 장애 또는 성능저하 발생시에 운용트래일을 보호 트래일로 대체하는 방식이다.

그림 21에 보인 바와 같이 MSP 서브레이어를 두고 서브레이어의 장애로부터 AUG 정보를 보호한다. 즉 MS 트래일 중단기능에서 고유감시방법에 의해 MS 트래일 상의 서비스 완전성과 품질성을 감시하여 보호용 매트릭스 연결로(MS MCp) 제어에 의해 절체하므로써 AUG

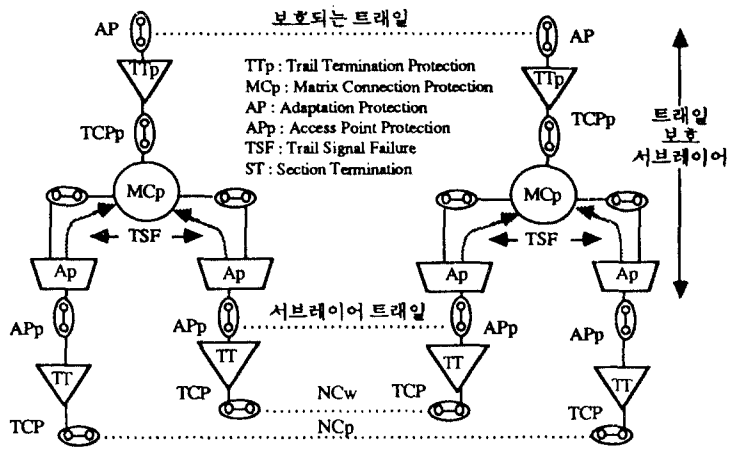


그림 20. 일반적인 트래일 보호모형 (1:1 보호)

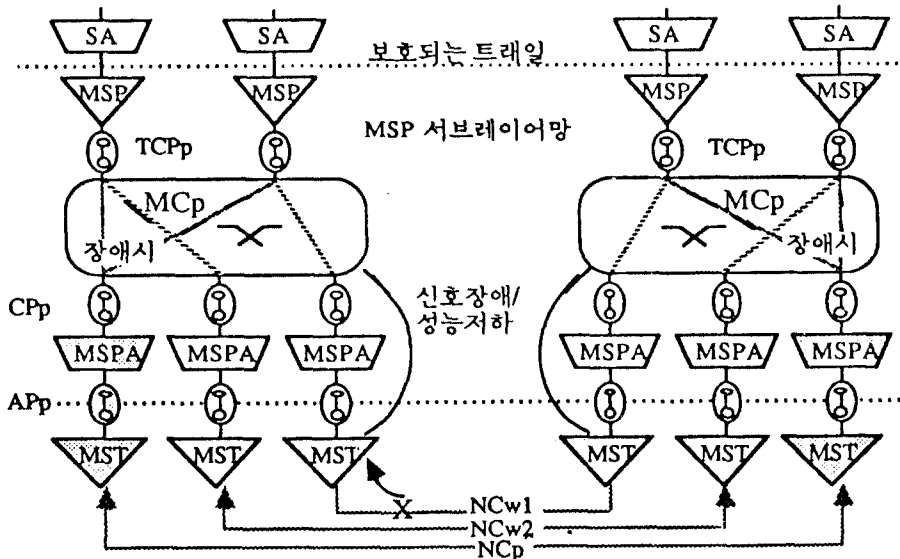


그림 21. 선형 MS 트래일 보호(1:2 스패설계)

신호들을 보호한다. 여기서 보호용 서브레이어상에는 MS 트래일상에 확보된 K바이트의 비트레벨 프로토콜을 통해서 보호서브레이어로 적용시키는 MS 보호적용(MSP Adaptation), MS 정제, APS 채널 중단 기능등과 보호받는 트래일의 완전성 확인을 위한 MSPT(MSP Termination) 기능이 추가된다.

2.2 MS 보호링

MS 보호링에는 전용보호링(MS-DR ; MS-Dedicated protection Ring)과 공유보호링(MS-SR : MS-Shared protection Ring) 구성방식이 있다. MS-DR은 전체 트래픽 용량을 보호할 수 있는 전용 보호용량을 두고서 한 번은 보호될 운용트래픽을 나르고, 다른 링은 운용트래픽의 보호용도로 예약된다. 이때 링을 통해 제공되는 최대 트래픽 용량은 한 스패용량을 가지며, 이의 보호절체를 위해서 STM-N상에 확보된 K1, K2등의 APS바이트를 이용하는 링 APS 프로토콜을 필요로 한다.

성능저하시에 손실 링의 반대방향 링상에 존재하는 보호 채널로 루핑하여 서비스를 보호한다. 그림 23은 STM-N 트래일을 여러 채널들이 공유하는 SRT/2F링의 기능블록을 나타낸 것이다. 여기서 정상상태에서는 전송 STM-N 트래일을 여러 채널들이 공유하는 SR-2F링의 기능모델을 나타낸 것이다. 여기서 정상상태는 전송 STM-N 용량의 1/2씩을 각각 운용 HVC와 보호 HVC로 적용하여 정상상태에서는 양방향 모두 MS MCp를 통해서 MSPA상의 운용 HVC는 운용 MSPT간에 연결하고, 보호 HVC는 다른 쪽 방향의 보호채널로 통과되도록 구성된다. 또한 한쪽방향의 송수신 신호가 모두 손실된 경우, 손실된 방향의 MSPT상의 운용 HVC는 반대방향 MSPA상의 보호용 CP로 절체하여 신호를 보호한다. 여기서 MS MCp 제어는 HVC 채널단위로 MS 절체를 수행하며, HVC MC는 분기/결합될 신호들의 연결을 제어한다.

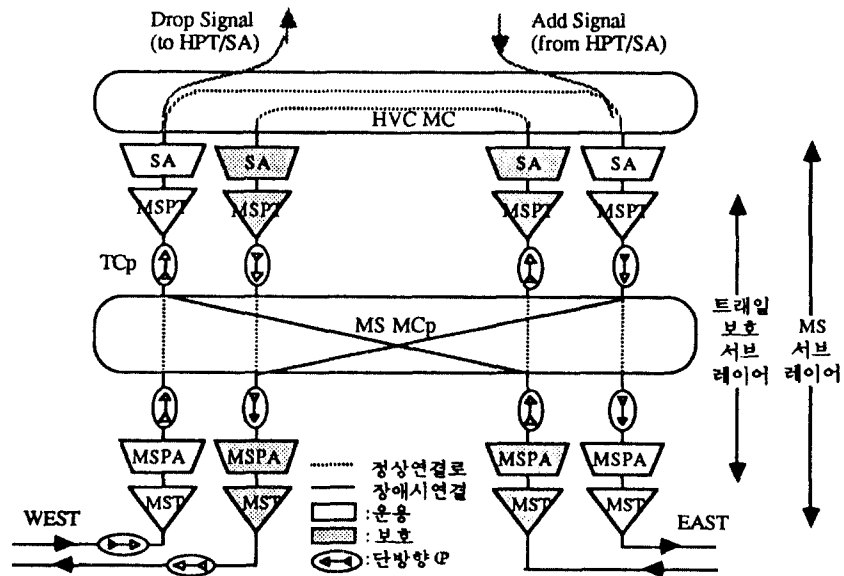


그림 22. MS 전용 보호링(MS-DR)

MS-SR방식은 구조상 2개의 광섬유를 이용하는 방식 (MS-SR/2F)과 4개의 광섬유를 이용하는 방식 (MS-SR/4F)이 있다.

MS-SR/2F 방식은 서로 반대방향으로 동작하는 2개의 링으로 구성하여 각 광섬유상의 전체 용량을 운용채널과 보호채널로 각각 1/2씩 할당하고, 운용채널의 손실/

또한 MS-SR/4F 방식은 4개의 링을 2개씩 서로 반대 방향으로 구성하여 각 광섬유상의 전체 용량을 운용 또는 보호채널로 전용 할당하고, 운용링의 장애시 반대방향의 보호링으로 전체채널을 루핑하여 서비스를 보호하는 방식이다. 여기서 SR/2F 방식은 링절체만을 지원하며 SR/4F 방식은 링절체와 스패 절체를 지원할 수 있다.

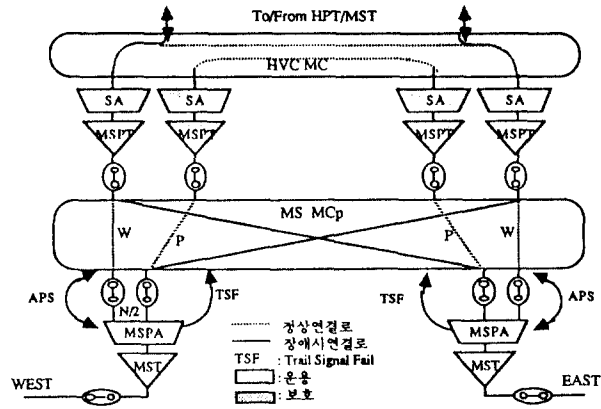


그림 23. MS 공유보호링 (MS-SR/2F)

링을 통해 제공할 수 있는 최대 트래픽 용량은 인접 노드간에 모두 add-drop하는 것으로 가정하여 SR 4F는 $(STM-N/2) \times (노드수-1)$ 이며, SR/4F는 $STM-N \times (노드수-1)$ 이다.

MS SR은 KI K2등의 APS 바이트를 이용하여 링 APS 프로토콜과 알고리즘을 적용한다. 이 링 프로토콜은 최대 16개 노드까지 지원할 수 있다.

그림 21과 그림 23에서 보듯이 MC MCp에서의 보호 절체연결로 구성은 MS-DR과 MS-SR간에 차이가 없지만 보호링을 이용하는 채널들의 특성은 아주 다르다. 수

DR은 단방향 링을 이용하여 양방향성 트래픽을 제공하기 때문에 링장에서 보호전용링을 통해 제공되는 신호 또한 각 MS 구간상의 특정 타임슬롯은 전체링 차원에서 할당된 특정 채널에 독점된다. 이에 반해서 SR은 2개의 반대 방향링을 이용하여 인접노드간에 양방향성 트래픽을 제공하기 때문에 각 MS 구간별로 타임슬롯을 점유하는 채널이 다를 수 있으며, 따라서 링장에서 보호링을 통해 제공되는 신호 또한 장애 MS의 위치에 따라 다르다. 다시 말해서 MS-SR에서 보호링(또는 채널)은 임의의 MS채널 손실시에 링간 절체를 통해서 장거리 우회루

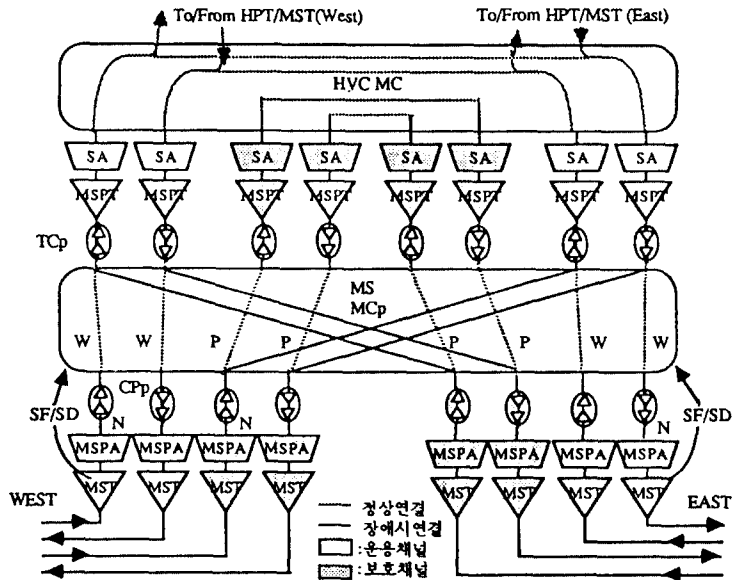


그림 23. MS 공유보호링(MS-SPR/4F)

트를 제공하기 때문에 전체 링상의 모든 운용채널들이 이를 공유하고 있다. 이러한 전형적인 망용용 형태로는 MS-DR은 단방향 선로 절체링(ULSR : Unidirectional Line Switched Ring), MS-SR은 양방향 선로절체링(BLSR : Bidirectional-)이 있으며, 이와 같이 링상에서 망스스로 장애로부터 보호되는 망을 SHR(Self Healing Ring)이라 한다.

3. 서브망 연결(SNC) 보호 방식

운용 SNC와 보호전용 SNC로 구성하여 송신될 신호는 운용 SNC와 보호 SNC 양으로 보내고, 수신신호는 한쪽 SNC만을 선택하도록 구성한다. 이는 서브레이어의 적응기능에서 장애가 검출되면 운용 SNC을 보호 SNC로 절체하며, 메쉬, 링, 또는 이들의 혼합망에 구성되는 경로 레이아웃에 주로 적용한다. 그림 24는 SNC 보호를

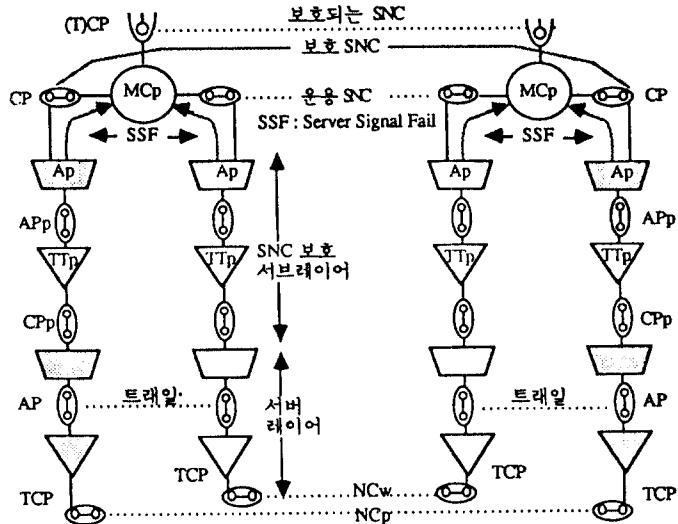


그림 23. 1+1 트래일 보호(예)

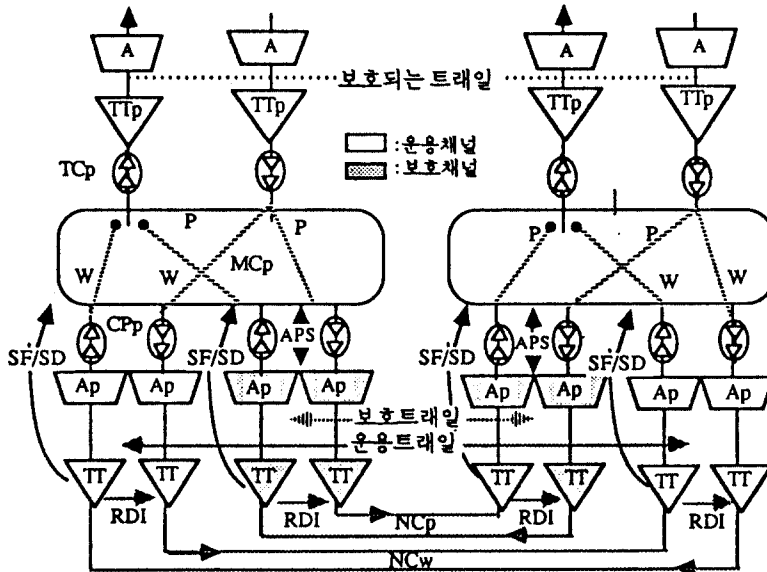


그림 24. 서브망 연결보호 모델

위해서 원래의 레이어에 보호서브 레이어를 추가하여 보호 전용의 트래일 종단기능(TTp)과 적응기능(Ap)을 이용하는 경우를 나타낸 것이다.

여기서 운용서브망 연결상태 감시는 3가지 방법으로 성취될 수 있다. 즉, 서버 레이어에 의해 얻어진 정보를 이용하여 절체하는 고유감시, SNC과 브릿지된 트래일 종단기능을 채용하는 비절단 감시, 그리고 그림 24와 같이 감시용 서브레이어를 설정하여 서브레이어 트래일을 감시하는 서브레이어 감시 방법등이 있다. 여기서 고유 감시를 사용하면 그림 24에서 SNC 보호 서브레이어의 구성이 필요없이 서버레이어에서만의 장애감시에 의해 절체를 수행한다. 또한 비절단 감시는 서버레이어상의 적응기능과 크라이언트상의 MCP에 주 신호경로를 형성하고, 여기에 경로감시를 위한 트래일종단과 적응기능을 별도로 두고 트래일을 감시하여 절체를 수행한다. 서브레이어 감시는 그림 24와 같이 주경로상에 SNC 보호 서브레이어를 추가하여 TTp와 Ap기능을 통해 감시하여 절체를 수행한다. 이들은 단선절체방식으로 동작하며, 이와같은 보호절체의 전형적인 응용으로는 단방향 경로절체 링(UPSR)이 있다.

V. 결 언

SDH 전송망의 다양한 능력을 체계적으로 표현할 수 있는 ITU-T에서 권고하는 망기능모델을 도입하여 SDH 전송망의 구조를 설명하였고, 이를 바탕으로 향후 전송 신호의 융통성있는 네트워크 모델과 망장애로부터 서비스를 스스로 보호할 수 있는 망보호/복구 모델에 대해 기술하였다.

따라서 이러한 망모델은 복잡화, 대규모화 되고 있는 전송망의 표준화된 망운용관리를 실현하고, 기존 PDH에 기반을 둔 PTP망으로부터 전송신호의 융통성있는 네트워크를 기반으로 하는 유연성 높은 전달성을 구성하는데 매우 유용한 기반을 마련해줄 것이다. 특히 망 장애시 계층화, 지능화된 망 자동복구를 바탕으로 하는 신뢰성 높은 서비스 보호/복구망을 구성하는데 효과적으로 적용될 수 있을 것이다. 즉 망 모델에 바탕을 둔 SDH망요소와 망구성등을 정의하여 적용함으로써 상기된 능력을 보다 효율적으로 달성할 수 있을 것이며, 이와 관련된 대표적인 망요소로는 SDH 기본 MUX, ADM, DXC가 있고, 자동 복구망 형태로는 PTP APS, SHR, SHM(Self Healing Mesh), 그리고 혼합망(Mixed Network)을 들 수 있다. 또한 망운용관리 시스템으로는 TMN이 있다.

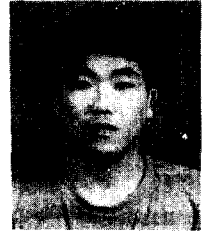
참 고 문 헌

1. ITU-TSS Draft Recommendation G.SHR-1, "SDH Protection : Rings and Other Architectures," Geneve, May 1994.
2. ITU-TSS Draft Recommendation G.803, "Architectures of Transport Networks Based on The Synchronous Digital Hierarchy," Geneve, July 1992.
3. Mike Sexton and Andy Reid, Transmission Networking : SONET and the SDH," Trtech House, London, 1992. pp13-47



김재근

- 1980. 2. 고려대학교 전자공학과 (학사)
- 1983. 2. 고려대학교 대학원 전자공학과 (석사)
- 1990. 8. 고려대학교 대학원 전자공학과 (박사)
- 1979. 12 - 현재 한국전자통신연구소
전송방식연구실 책임연구원



이동준

- 1987. 2. 부산대학교 계산통계학과 (학사)
- 1991. 2. 부산대학교 계산통계학과 (석사)
- 1991. 2. - 현재 한국전자통신연구소
전송방식연구실 연구원